Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe.

Von **Dr. Sigmund Mayer,**
a. ö. Professor der Physiologie und erstem Assistenten am physiologischen Institute der Universität zu Prag.

Vorgelegt in der Sitzung am 6. October 1876.)

Fünfte Abhandlung.

Über spontane Blutdruckschwankungen.

(Mit 4 Tafeln.)

Aus dem LXXIV. Bande der Sitzb. der k. Akad. d. Wissensch. III. Abth. Oct.-Heft. Jahrg. 1876.



Aus dem LXXIV. Bande der Sitzb. der k. Akad. d. Wissensch. III. Abth. Oct.-Heft. Jahrg. 1876.

Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe.

Von **Dr. Sigmund Mayer,**

a. ö. Professor der Physiologie und erstem Assistenten am physiologischen Institute der Universität zu Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. October 1876.)

Fünfte Abhandlung [1].

Über spontane Blutdruckschwankungen.

(Mit 4 Tafeln.)

Auf der Naturforscherversammlung in Breslau im J. 1874 machte Herr Prof. Aubert aus Rostock eine kurze Mittheilung über spontane Blutdruckschwankungen. An der dem Vortrage folgenden Discussion betheiligten sich Herr Prof. Heidenhain und ich [2].

Über den fraglichen Gegenstand liegt mir nun eine sehr grosse Anzahl von Beobachtungen vor, welche ich während eines Zeitraumes von fünf Jahren gesammelt habe.

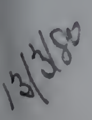
Auffallenderweise sind bis jetzt die von den Athembewegungen und den künstlichen Lufteinblasungen unabhängigen, ohne intendirten Eingriff von Seiten des Experimentators auftretenden Schwankungen des Blutdruckes nicht eingehend beschrieben und discutirt worden. Und doch scheinen mir dieselben aus mehrfachen Gesichtspunkten einer ausführlichen Besprechung werth zu sein.

Wie sich aus den weiter unten mitzutheilenden Thatsachen ergeben wird, lassen sich aus den verschiedenen Modalitäten des Auftretens der spontanen Blutdruckschwankungen einige nicht unwichtige Schlüsse ableiten über die Wirkungsweise der-

---

[1] Vergl. diese Sitzungsberichte, Bd. 64, 66, 68 und 73.

[2] Tageblatt der 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Breslau 1874 p. 209



jenigen Mechanismen, welche in die Regulirung des arteriellen Blutdruckes eingreifen.

Wichtiger aber, als diese theoretische Seite des Gegenstandes erscheint mir seine Bedeutung für die experimentelle Praxis manometrischer Versuche. Letztere sind durch Ludwig's rastlose Thätigkeit heutzutage ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden zur Erforschung der Erscheinungen des Blutkreislaufes. Kein Biologe wird dieses Hilfsmittel, wenn er vor einschlägige Fragen gestellt wird, gerne entbehren wollen.

Es ist einleuchtend, dass jede experimentelle Methode, welche nur einigermassen complicirt ist, eine vorherige längere Zeit durchgeführte Einübung erfordert, wenn sie in der Hand des Experimentirenden die von ihm geforderten Dienste leisten soll. Eine derartige Einübung wird um so weniger Zeit erfordern, je weniger das mit dem Apparate zu untersuchende Object zu Veränderungen geneigt ist, welche in ihm selbst und nicht in der Versuchsanordnung begründet sind.

Diese Bedingung ist nun aber gerade bei kymographischen Versuchen durchaus nicht gegeben. Während die Technicismen in der Handhabung des Apparates keine besondere Schwierigkeiten bieten, sind die im thierischen Organismus fortwährend, ohne Zuthun des Experimentators auftretenden Schwankungen im Zustande der irritabeln Bestandtheile in hohem Grade zahlreich und der Analyse schwer zugänglich.

Man wird daher bei kymographischen Versuchen darauf vorbereitet sein müssen, die durch willkührliche Eingriffe allenfalls zu producirenden Veränderungen im Blutdrucke durch spontane Schwankungen desselben gekreuzt zu sehen. Mit derartigen Schwankungen muss man also vertraut sein, wenn man nicht Gefahr laufen will, in grobe Irrthümer zu verfallen.

Nur durch sehr gehäufte Versuche lässt sich diejenige Übung in der Beurtheilung von Blutdruckcurven gewinnen, welche geeignet ist, vor unrichtigen Deutungen zu schützen.

Sowohl vom theoretischen als auch vom practischen Gesichtspunkte erscheint es mir demnach nicht ungerechtfertigt, meine Erfahrungen auf diesem Gebiete in den nachfolgenden Blättern niederzulegen. Ich bin weit davon entfernt, zu glauben, den Gegenstand irgendwie erschöpfend behandeln zu können.

Ich bin vielmehr der Meinung, dass gerade aus dieser Mittheilung noch ganz besonders zu entnehmen sein wird, wie weit wir noch von einem durchgreifenden Verständnisse der physiologischen Verhältnisse des Blutkreislaufes entfernt sind.

In allen Versuchen wurde die Tracheotomie gemacht und ein Canüle in die Luftröhre eingebunden.

Wenn die Versuchsthiere durch Curare gelähmt werden sollten, wurde das Gift immer durch eine *Vena jugularis* injicirt.

Die mitzutheilenden Beobachtungen beziehen sich hauptsächlich auf Kaninchen, bei denen die vorkommenden spontanen Schwankungen ganz besondere Beachtung verdienen; das Verhalten der uns hier beschäftigenden Erscheinung beim Hunde und der Katze werden wir ebenfalls vielfach zu berücksichtigen haben.

Bei der Besprechung der spontanen Blutdruckschwankungen wollen wir das Auftreten derselben beim nicht curarisirten, selbständig athmenden und beim curarisirten Thiere, bei dem regelmässige künstliche Ventilation unterhalten wird, gesondert behandeln. Wir beginnen mit den Erscheinungen beim nicht curarisirten Thiere.

I.

Unterzieht man die Blutdruckcurve eines ruhig athmenden Thieres, welches ausser den Athembewegungen keine irgend erheblichen Bewegungen mit anderen quergestreiften Muskeln ausführt, einer nähern Betrachtung, so ergibt sich, dass dieselbe ausserordentlich häufig ausser den Schwankungen, welche den Herzcontractionen und den Athembewegungen entsprechen, noch weitere Schwankungen aufzeigt [1]. Letztere können eine

[1] Der Kürze wegen wollen wir in dieser Abhandlung die durch die Herzcontractionen und die Athembewegungen (sowohl natürliche als künstliche) bedingten Blutdruckschwankungen als „Herzschwankungen" und „Athemschwankungen" bezeichnen. In Bezug auf letztere wollen wir ausserdem bemerken, dass wir an dieser Stelle nicht auf die denselben zu Grunde liegenden Momente eingehen können. Bekanntlich sind alle hiebei in Betracht zu ziehenden Verhältnisse noch nicht mit hinlänglicher Sicherheit aufgeklärt. Vergl. in dieser Beziehung die Schrift von Kuhn,

ausserordentliche Manigfaltigkeit darbieten, welche sich am besten aus der Betrachtung der dieser Arbeit beigegebenen Copien der Originalcurven beurtheilen lässt.

Als erste und wichtige Eigenschaft dieser Schwankungen haben wir hervorzuheben, dass sie nicht etwa in regellosen Intervallen an der Blutdruckcurve erscheinen, sondern dass sie einen unverkennbaren Rhythmus einhalten. Dieser Rhythmus ist bei verschiedenen Thieren ein verschiedener; am häufigsten stösst man auf Fälle, in denen 6—9 Schwankungen in der Minute erfolgen. Fälle, in denen die Schwankungen unter 6 in der Minute bleiben, sind nicht häufig, ebenso steigen sie selten über 10 bis 14, immer möglichst normale Thiere vorausgesetzt. Nicht allein in Bezug auf die Anzahl der in der Zeiteinheit erfolgenden Schwankungen, sondern auch in Rücksicht auf ihre anderweitigen Eigenschaften ist eine grosse Mannigfaltigkeit zu beobachten. Was zunächst die Zeitdauer anlangt, während welcher die spontanen Blutdruckschwankungen zum Vorschein kommen, so sieht man dieselben oft lange andauern, zuweilen schwinden sie für einige Zeit, um sodann mehr oder weniger scharf ausgesprochen wieder aufzutreten. Diese Abwechslung tritt hervor, ohne dass von Seiten des Experimentirenden irgend ein Eingriff gemacht worden und ohne bemerkbare gröbere Veränderungen im Gesammtverhalten des Versuchsthieres.

Die einzelnen Schwankungen, welche bei demselben Versuchsthiere im Verlauf einer gewissen Zeit rhythmisch ablaufen, erweisen sich unter einander nicht immer von gleichem Aussehen. Wenn auch der wellenförmige Charakter bei allen ausgeprägt ist, so kann die Höhe der Wellen in den Schwankungen, die z. B. während einer Minute sich vollziehen, sehr in die Augen springende Verschiedenheiten zeigen. Ein sehr häufig vorkommender Fall ist der, dass auf je eine hohe Welle eine flache folgt, dann wieder eine hohe und eine daran sich schliessende flache u. s. w. Ganz dieselbe Verschiedenheit kann sich auch in Bezug auf die Zeitdauer einer wellenförmigen Schwankung zeigen, so dass auf eine Schwankung von längerer Dauer eine von kürze-

---

Over de Respiratie-Schommelingen der slagaderlijke Bloedsdrukking. Dissertation. Amsterdam, 1875.

rer folgt; hiedurch entstehen dann Curven von sehr eigenthümlichem Aussehen, in denen aber das Rhythmische des Vorganges bei näherer Betrachtung unschwer zu erkennen ist.

Wenn man schon an den Schwankungen, die sich innerhalb eines kurzen Zeitraumes an ein und demselben Versuchsthiere bemerken lassen, derartige Mannigfachheit des Verhaltens constatiren lässt, so zeigen die an verschiedenen Individuen zu gewinnenden Curven eine grosse Reichhaltigkeit der Formen, die wir in Nachfolgendem kurz zu charakterisiren versuchen wollen.

1. Die spontanen wellenförmigen Blutdruckschwankungen zeigen sich bei sehr verschiedenen Werthen des mittleren Arteriendruckes. Man sieht dieselben ebenso hervortreten, wenn der Druck nur 60—80 Mm. Hg. beträgt, als wenn sich derselbe bis zu 120—150 Mm. Hg. erhebt.

2. Die Athemschwankungen des Blutdruckes sind an den wellenförmigen Schwankungen desselben entweder sehr scharf oder minder deutlich ausgeprägt. Öfters sind sie der Welle so scharf aufgesetzt, dass man an der Blutdruckcurve ganz genau den Rhythmus der Athembewegungen bestimmen kann. In anderen Fällen wechseln Stellen, an denen jede Athemschwankung noch gut unterschieden werden kann, mit solchen, wo letztere entweder nur angedeutet oder kaum noch erkennbar sind. An ein und demselben Versuchsthiere können die wellenförmigen Schwankungen einmal die Athemschwankungen sehr scharf ausgeprägt zeigen, um sie sodann ganz kurze Zeit nachher kaum erkennen zu lassen.

3. Grosse Manigfaltigkeit des Verhaltens lässt sich constatiren in Bezug auf die Höhe der spontanen wellenförmigen Schwankungen. Der Gipfel der Welle kann so niedrig sein, dass man nur bei besonderer Aufmerksamkeit und bei Betrachtung der Curve von der Seite her das Vorhandensein der in Rede stehenden Schwankungen bemerkt. Der Umstand, dass gar nicht selten die Wellen so wenig scharf ausgeprägt sind, ist wohl Ursache davon, dass man bis jetzt diesen Schwankungen so geringe Beachtung geschenkt hat. Ist man einmal auf dieselben aufmerksam geworden, dann wird man bald gewahr werden, dass die Fälle, in denen sie zu fehlen scheinen, immer seltener wer-

den. Zuweilen ist allerdings selbst bei grösster Aufmerksamkeit an der Curve von den uns interessirenden wellenförmigen Schwankungen nichts zu entdecken. Im Verlaufe des Versuches sieht man dieselben dann öfter plötzlich auftauchen und für lange Zeit andauern.

Wenn man über ein sehr grosses Versuchsmaterial verfügt, dann wird man in der Lage sein, spontane wellenförmige Schwankungen zu registriren, in denen der Abstand des Wellengipfels von dem Wellenthale zwischen 3 und 20 Mm. betragen kann.

Durch die wellenförmigen Schwankungen werden also Veränderungen im absoluten Werthe des arteriellen Druckes bedingt, welche sich zwischen 6 und 40 Mm. Hg bewegen können.

Wenn die wellenförmigen Schwankungen des Blutdrucks sehr hoch sind, was gerade nicht allzu häufig zur Beobachtung kommt, dann zeigen sie die grösste Ähnlichkeit mit denjenigen periodischen Druckänderungen, welche Traube zuerst beim Hunde entdeckt, Hering später näher analysirt hat, und auf die wir im Verlaufe dieser Arbeit noch werden zurückzukommen haben.

Wenn wir oben bemerkt haben, dass die Unbekanntschaft mit dem Vorkommen spontaner Druckschwankungen leicht Anlass zu Irrthümern in der Deutung kymographischer Versuche geben kann, so ergibt sich aus den eben gemachten Angaben über die Grenzen, innerhalb derer sich diese Schwankungen bewegen, dass es sich hier nicht etwa um unbedeutende kaum in die Waagschale fallende Änderungen im Drucke handelt, sondern zuweilen um ganz ansehnliche Grössen. Denn eine Änderung im arteriellen Drucke im Werthe von 40 Mm. Quecksilber, welche auf irgend einen experimentellen Eingriff folgt muss immerhin schon als ein bemerkenswerther Erfolg angesehen werden.

Hier mag auch die Bemerkung Platz finden, dass die genannten Schwankungen noch leichter Anlass zu Täuschungen geben können in Versuchen, in denen die graphische Methode nicht angewendet wird und die Schwankungen der Quecksilbersäule direct beobachtet werden. In letzterem Falle kann das rhythmisch Wiederkehrende des Vorganges, welches bei der

kymographischen Aufzeichnung bald auffallen muss, weniger leicht in die Augen springen.

4. Was das Verhalten der Pulsfrequenz betrifft, so stellt sich das für die weitere Analyse der wellenförmigen Schwankungen sehr wichtige Verhalten heraus, dass die Anzahl der Herzcontractionen im auf- und absteigenden Schenkel in weitaus der Mehrzahl der Fälle ganz dieselbe bleibt. Hie und da erscheinen im absteigenden Schenkel einige Pulse mit verlängerten diastolischen Pausen, so dass die Zahl der Herzschläge in dem genannten Theil der Welle verringert ist.

Aus dem Aussehen der Aufzeichnung der Herzschläge lässt sich auch kein Anhaltspunkt entnehmen, um denselben in den verschiedenen Abschnitten der Welle eine verschiedene Energie zuzuschreiben.

5. In Bezug auf die Steilheit des Aufsteigens und Abfallens verhalten sich die beiden Schenkel der Welle für gewöhnlich ganz gleich. Kleine Differenzen, die bezüglich dieses Punktes an den Wellen zu bemerken sind, erscheinen ohne weitere Bedeutung.

Beim curarisirten Thiere sind im Wesentlichen dieselben Erscheinungen wahrzunehmen, wie beim selbständig athmenden. Die wichtigste Differenz welche sich hier ergeben hat, ist die, dass die Anzahl der in der Minute erfolgenden Schwankungen beim curarisirten Thiere häufig eine viel grössere ist, als beim selbständig athmenden. Obwohl auch bei ersterem die Mehrzahl der Fälle 7—10 Schwankungen in der Minute erkennen lässt, so kann sich die Zahl derselben doch gar nicht selten auf 12—20 und darüber erheben.

In Bezug auf alle oben bereits angeführten Punkte, wie Höhe der Wellen, Ausgeprägtsein der den Einblasungen entsprechenden Schwankungen u. s. w. gilt das von den Erscheinungen beim nicht curarisirten Thiere Gesagte.

Ausser den eben geschilderten rhythmischen Schwankungen des Blutdruckes bemerkt man dann noch öfters Schwankungen, welche ohne bemerkbaren Rhythmus und regellos an der Curve erscheinen. Der Charakter dieser Schwankungen ist ebenfalls wellenförmig; die Höhe dieser Wellen kann dieselben Unterschiede zeigen, wie die rhythmischen Schwankungen.

Die nicht streng rhythmischen wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes verdienen ebenfalls sehr die Beachtung des experimentirenden Physiologen, da sie leicht Anlass zu Verwechslungen geben können. Um sich vor letzteren zu schützen, wird es immer gerathen sein, die Blutdruckcurve eine Zeit lang zu beobachten, ehe man daran geht die Wirkung eines Eingriffes zu studiren.

Endlich soll noch bemerkt werden, dass man gar nicht selten an nicht curarisirten Thieren bemerkt, wie mit mehr oder weniger starken Muskelcontractionen Schwankungen des Blutdruckes einhergehen, die, nach unserer obigen Definition schon nicht mehr zu den spontanen Schwankungen gerechnet werden können. Insbesondere sieht man gar nicht selten bei Kaninchen die bereits längere Zeit aufgebunden liegen, eigenthümliche zitternde an Fieberschauer erinnernde Bewegungen auftreten, welche regelmässig mit einer Schwankung im arteriellen Blutdrucke einhergehen. Dieser Art von Schwankungen des Blutdruckes wollte ich hier nur flüchtig Erwähnung thun, da ihr Zusammenhang mit den zitternden Bewegungen des Thieres in den Fällen, in denen letztere nur sehr wenig ausgesprochen sind, und die Aufmerksamkeit des Beobachters auf andere Dinge gerichtet ist, übersehen werden könnte.

Die mitgetheilten Thatsachen, welche wir im weiteren Verlaufe dieser Mittheilungen noch vervollständigen werden, dienen uns als Grundlage einiger Betrachtungen über die Entstehungsweise und die Bedeutung der spontanen wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes.

II.

Wir beginnen mit der Analyse der rhythmischen Schwankungen des selbständig athmenden Thieres (Kaninchen).

Aus dem oben angeführten Verhalten der Pulsfrequenz im Verlaufe der spontanen wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes lässt sich mit aller nur wünschenswerthen Sicherheit entnehmen, dass die periodischen Änderungen im Blutdrucke nicht bedingt werden durch periodisch hervortretende Änderungen in der Frequenz der Herzschläge. Wenn hie und da im Verlaufe einer Blutdruckwelle Änderungen im Herzschlage ein-

treten, so sind diese als zufällig mit der ersteren zusammenfallend und nicht als in ursächlicher Verknüpfung stehend anzusehen [1].

Indem wir aber, nach Ausschluss der Herzthätigkeit, die fraglichen Schwankungen als im Gefässsystem hervorgerufen ansehen, werden wir sofort wieder an diejenigen Schwankungen erinnert, welche in der neueren Zeit gewöhnlich als Traube-Hering'sche Perioden bezeichnet werden. Nachdem bereits Traube [2], der Entdecker der uns hier beschäftigenden Erscheinungen, früher von ihm über dieselben gehegte Ansichten verlassend, dieselben als durch periodische Thätigkeitsäusserungen des vasomotorischen Nervencentrums in der *Medulla oblongata* bedingt angesehen hatte, gelangte Hering [3] nach genauer Untersuchung dieses Gegenstandes zu folgenden Aufstellungen:

1. Die von Traube entdeckten wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes (bei Hunden und Katzen) sind durch die rhythmische Thätigkeit des respiratorischen Nervencentrums bedingt.

2. Die wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes werden nicht vom Herzen erzeugt.

3. Die wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes werden vom Gefässsysteme erzeugt. Ansserdem zeigte Hering, dass die beschriebenen wellenförmigen Schwankungen dann mit Vorliebe auftreten, wenn das Arterienblut eine gewisse venöse Beschaffenheit angenommen hat. Es ist nicht nothwendig, dass man, um diese Bedingung herbeizuführen, nach dem Vorgange

---

[1] Bei Kaninchen treten gar nicht selten (spontan?) Unregelmässigkeiten im Herzschlage auf. Diese Unregelmässigkeiten erscheinen zuweilen mit einer gewissen Rhythmicität an denselben Stellen im Verlaufe einer wellenförmigen Schwankung und verleihen derselben so ein eigenthümliches Aussehen.

[2] Die Traube'schen Untersuchungen, die zuerst in der medicinischen Centralzeitung und im medicinischen Centralblatte veröffentlicht wurden, finden sich zusammengestellt in „Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie“ von Dr. L. Traube, I. Bd. Experimentelle Untersuchungen. Berlin, 1871.

[3] Über den Einfluss der Athmung auf den Kreislauf. 1. Mittheilung: Über Athembewegungen des Gefässsystems. Wiener Sitzungsberichte, Bd. 60, 1869.

von Traube, die künstliche Respiration des curarisirten Thieres vollständig aussetzt; es gelingt vielmehr leicht durch äusserst frequente Lufteinblassungen von sehr geringem Umfang das Blut in einen Zustand zu versetzen, in welchem an der Blutdruckcurve für lange Zeit die wellenförmigen Schwankungen erscheinen. Mit wachsender Dauer des Versuches geräth das Blut leichter in den Zustand, in welchem es das Auftreten der Schwankungen begünstigt; nach längerem Experimentiren an ein und demselben Thiere treten oft sehr schöne Wellen des Blutdruckes auf, ohne dass man auf die Regelung der Ventilation sonderliche Mühe verwendet.

Wenn wir die eben angeführten Ermittlungen über die beim Hunde und der Katze während der Curarevergiftung und bei mehr oder weniger ausgebildeter Venosität des Arterienblutes vorkommenden wellenförmigen Blutdruckschwankungen mit unserer Schilderung der spontanen wellenförmigen Schwankungen des selbständig athmenden Kaninchens vergleichen, so wird man die Berechtigung unseres obigen Ausspruches anerkennen, dass man bei Betrachtung der einen Erscheinung an die andere „erinnert" wird. Keineswegs aber erscheint es gerechtfertigt, die beim selbständig athmenden Kaninchen hervortretenden wellenförmigen Druckschwankungen schlechtweg als Traube'sche Wellen zu bezeichnen, wie dies Cyon[1] und Latschenberger[2] und Deahna gethan haben. Die genannten Autoren haben sich nicht bemüht, für die von ihnen adoptirte Identität der in Frage stehenden Erscheinungen Beweise vorzubringen.

Obwohl wir nun ebenfalls, wie wir hier vorgreifend schon bemerken wollen, gestützt auf eine Reihe später vorzuführender Thatsachen, zu dem Schlusse kommen werden, dass zwischen den besprochenen Erscheinungen beim selbständig athmenden Kaninchen einerseits und bei curarisirten Hunden und Katzen mit etwas eingeschränktem Lungengaswechsel andererseits die engsten Beziehungen existiren, so müssen wir doch auseinander

[1] Zur Physiologie des Gefässnervencentrums. 1. Mitthlg. Pflüger's Archiv, Bd. IX, p. 499.

[2] Beiträge zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässmuskeln. Pflüger's Archiv, Bd. XII, p. 157.

setzen, dass die in der Arbeit von Cyon vorgebrachten Thatsachen nicht genügen, um diese Beziehungen zu statuiren.

Vorerst ist zu bemerken, dass Traube über den fraglichen Gegenstand weder an curarisirten noch an nicht curarisirten Kaninchen experimentirt hat; die vorliegenden Traube'schen Publicationen beziehen sich alle auf curarisirte Hunde. In der Abhandlung von Hering, der einzigen ausführlichen nach Traube angestellten Untersuchung über die wellenförmigen Schwankungen des Blutdrucks ist zwar ausdrücklich bemerkt, dass dieselben ausser bei Hunden auch bei Katzen und Kaninchen zum Vorschein kommen. Merkwürdigerweise scheint aber Cyon die Abhandlung von Hering gar nicht oder doch nur sehr ungenau gekannt zu haben: ebensowenig nehmen Latschenberger und Deahna von dieser Arbeit Notiz, obwohl aus derselben der einzige Anhaltspunkt zu entnehmen wäre, die in Frage stehenden Schwankungen an der Blutdruckcurve des Kaninchens mit den Traube'schen Wellen in Zusammenhang zu bringen. Es geht, so weit ich sehe, nicht an, ohne thatsächliche Unterlage, anzunehmen, dass die Verhältnisse beim Hund und beim Kaninchen sich ohne weiteres decken.

Zweitens beziehen sich die Traube'schen Angaben nur auf Hunde, die curarisirt waren und bei denen durch vollständige Sistirung der künstlichen Respiration der respiratorische Lungengaswechsel bedeutende Störungen erfuhr. Bei den Traube'schen Versuchen ging ausserdem mit dem Auftreten der Wellen ein bedeutendes absolutes Ansteigen des arteriellen Druckes einher; zudem waren in den Traube'schen Versuchen die *Nervi vagi* am Halse durchschnitten worden. Hering lehrte weiter die Schwankungeu nicht nur durch vollständige Aufhebung des Lungengaswechsels vorübergehend, sondern auch durch Einschränkung des letzteren für lange Zeit an der Blutdruckcurve hervorzubringen.

Nach unseren oben mitgetheilten Erfahrungen treten beim Kaninchen spontane wellenförmige Schwankungen des arteriellen Blutdruckes hervor, ohne dass irgend eine der eben angeführten Bedingungen realisirt wäre. Die Versuchsthiere athmen selbständig durch eine Trachealcanüle, ohne dass ein Hinderniss für den normalen Ablauf des Gaswechsels nachzuweisen ist.

Da also in den Bedingungen, unter welchen die Traube-Hering'schen Versuche und die von Cyon und mir angeführten Beobachtungen angestellt wurden, so wesentliche Verschiedenheiten hervortreten, so kann die Identificirung beider Erscheinungen nicht so ohne weiters adoptirt werden; es müssen vielmehr für eine solche Behauptung weitere Beweise verlangt werden.

Cyon, der bei der Abfassung seiner Arbeit nur über ein sehr geringes Versuchsmaterial verfügt zu haben scheint, bemüht sich darzuthun, dass die beim selbständig athmenden Kaninchen vorkommenden von den Athembewegungen unabhängigen spontanen periodischen Blutdruckschwankungen durch Sauerstoffarmuth und Kohlensäurereichthum des Blutes bedingt seien. Er führt einen Versuch an, in dem die in Frage stehenden Schwankungen nach künstlicher Einblasung von Sauerstoff verschwunden seien; auch beruft er sich auf die vielfach circulirende Angabe, dass während der Apnoe der arterielle Druck absinke.

Nach meinen eigenen Erfahrungen über diesen Gegenstand kann ich nicht zugeben, dass Cyon durch die angegebenen Versuche am curarisirten Kaninchen die Abhängigkeit der wellenförmigen Schwankungen des selbständig athmenden oder des curarisirten Thieres vom wechselnden Gasgehalte des Blutes dargethan hat.

Erstlich ist sehr zweifelhaft, ob man durch Einblasungen von Sauerstoff wesentliche Veränderungen im Gasgehalte des Blutes herbeiführen kann. Wenn man aber Sauerstoff unter irgendwie beträchtlichem Drucke in die Lungen einbläst, dann sind die mechanischen Veränderungen im Blutstrome so bedeutend, dass die eintretenden Veränderungen im Blutdruck viel mehr hierauf, als auf die Änderung des Gasgehaltes zu beziehen sein dürften. Wenn nun schon aus dem angeführten Grunde auf die Angabe Cyon's, dass unter dem Einflusse der Sauerstoffeinblasungen die wellenförmigen Schwankungen aus der Blutdruckcurve verschwinden, wenig Gewicht zu legen ist, so erscheint mir diese Behauptung auch noch desswegen anfechtbar, weil sehr häufig die genannten Schwankungen spontan, d. i. ohne intendirten Eingriff des Experimentators verschwinden oder ausserordentlich flach werden. Dieser Umstand, den man bei der

Beschäftigung mit den fraglichen Schwankungen bald gewahren muss, ist von Cyon, der dieselben überhaupt nicht eingehender geschildert, wie mir scheint, übersehen worden.

Der Angabe gegenüber, dass in der Apnoe der Blutdruck sinke und dass dieses Absinken in einer Abschwächung der tonischen Erregung des cerebralen vasomotorischen Centrums begründet sei, muss ich ebenfals einwenden, dass diese Blutdrucksenkung ebenso wohl, ja, wie mir scheint, mit grösserer Berechtigung auf die abnorme Lungenausdehnung durch die Einblasungen, als auf den veränderten Gasgehalt des Blutes zu beziehen sei. In dieser Beziehung möchte ich noch auf die von mir angestellten Versuche [1] hinweisen, in denen ich durch periphere Vagusreizung auf dem Wege der durch Veränderungen im Herzschlage und den Athembewegungen hervorgerufenen Alterationen im Gasgehalte des Blutes eine Athempause erzielte, welche füglich nur als Apnoe zu betrachten war. Während dieses apnoischen Zustandes, welcher, wie bemerkt, ohne Zuhilfenahme starker künstlicher Lufteinblasungen erzielt wurde, war eine Absenkung des arteriellen Blutdruckes nicht zu beobachten.

Cyon gegenüber muss ich ausdrücklich hervorheben, dass ich sowohl beim selbständig athmenden Thiere (Kaninchen) als auch beim curarisirten, bei welchem regelmässige ausgiebige Ventilation unterhalten wurde, die wellenförmigen Blutdruckschwankungen beobachtet habe. Wenn ich in Fällen, in denen selbständig athmende Thiere die Wellen des Blutdruckes entweder gar nicht oder nur sehr flach erkennen liesen, durch Verengerung eines mit der Trachealcanüle in Verbindung gesetzten Kautschukschlauches den respiratorischen Gaswechsel in geringem Maase einzuschränken suchte, blieb dieser Eingriff gewöhnlich ohne Erfolg auf die uns hier beschäftigenden Druckschwankungen. Aus den eben angeführten Beobachtungen ist es wohl gestattet, zu schliessen, dass, beim Kaninchen wenigstens, auch unter Verhältnissen, in denen keine nachweisliche Beeinträchtigung des normalen Luftwechsels in den Lungen stattfindet, die

[1] Experimenteller Beitrag zur Lehre von den Athembewegungen. Wiener Sitzungsberichte, Bd. 69, 1874.

Bedingungen zum Auftreten der wellenförmigen Blutdruckschwankungen gegeben sein können.

Dass jedoch eine venöse Beschaffenheit des Arterienblutes dem Hervortreten der wellenförmigen Schwankungen sich besonders günstig erweist, hat bereits Traube entdeckt; eine weitere Bestätigung dieser Thatsache ergibt sich aus den Angaben von Hering und Cyon, sowie aus meinen eigenen Beobachtungen an curarisirten Kaninchen und denen von Heidenhain[1]. Dieser Forscher bemerkt, dass ihm die Blutdruckwellen besonders häufig bei Hunden nach ausgiebigen Blutentziehungen aufgestossen seien. Nun dürfte es aber kaum zu bezweifeln sein, dass starke Blutverluste ähnliche Folgen für den Sauerstoffgehalt der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit haben, wie venöse Beschaffenheit des arteriellen Blutes.

Beim näheren Eingehen auf die Untersuchung der Ursachen der wellenförmigen Blutdruckschwankungen beim selbständig athmenden Kaninchen wird es erspriesslich sein, zunächst anzuknüpfen an die Sätze, welche Hering in seiner Arbeit über die Blutdruckwellen bei curarisirten Hunden und Katzen aufgestellt und begründet hat.

Auf die Unabhängigkeit der Schwankungen von der Herzthätigkeit haben wir bereits oben hingewiesen und brauchen desswegen an dieser Stelle nicht weiter auf diesen Punkt zurückzukommen.

Wenn es somit als sicher angenommen werden kann, dass die wellenförmigen Schwankungen von rhythmischen Vorgängen in den irritabeln Bestandtheilen der Gefässwandungen abhängig sind, so fragt es sich doch weiter, ob diese rhythmischen Vorgänge in den nervösen Centren, im Verlaufe der peripherischen Nerven für die Gefässmuskulatur oder in der Wandung der Gefässe selbst primär eingeleitet werden.

Traube hat bereits behauptet, dass die wellenförmigen Schwankungen centralen Ursprunges seien; Hering hat sich dieser Meinung mit einer wesentlichen, alsbald näher zu besprechenden Modification angeschlossen.

---

[1] Über bisher unbeachtete Einwirkungen des Nervensystems auf die Körpertemperatur und den Kreislauf. Pflüger's Archiv, Bd. III, p. 521.

In der That weisen alle Beobachtungen darauf hin, dass die erwähnten Schwankungen nur dann auftreten, wenn das cerebrale vasomotorische Centrum functionsfähig ist, und wenn dasselbe in unversehrtem Zusammenhange mit den nach der Peripherie leitenden Bahnen steht.

Nach Verschluss sämmtlicher Hirnarterien, ebenso wie nach Durchtrennung des Rückenmarkes am Halse werden bekanntlich die Gefässmuskeln sämmtlicher Gefässbezirke oder doch des grössten Theiles derselben des normalen vom Gehirn ausgehenden Tonus beraubt. Die genannten Eingriffe bringen nun nicht allein ein bedeutendes Absinken des arteriellen Druckes zu Wege, sondern es schwinden in Folge derselben auch die früher vorhandenen rhythmischen Schwankungen aus der Blutdruckcurve. Die Abhängigkeit der Blutdruckwellen von dem cerebralen vasomotorischen Centrum ergibt sich sehr schlagend aus den Beobachtungen über die Erholung des Gehirnes nach der Wiederfreigebung der verschlossenen arteriellen Blutbahnen; mit dem Wiederbeginnen der temporär unterdrückten Hirnfunctionen treten auch an der Blutdruckcurve wieder rhythmische Schwankungen auf, wie ich diess in der 4. Abhandlung dieser Studien näher beschrieben habe.

In der Arbeit von Cyon findet sich der Satz: „Die Traube'schen Schwankungen sind durch Reizungen der im Gehirn und in der Peripherie gelegenen vasomotorischen Centra durch CO_2-Anhäufung (oder O-Mangel), vielleicht auch durch das Verschwinden der Curarevergiftung bedingt."

Zu dieser Behauptung möchte ich bemerken, dass der centrale Ursprung der Traube'schen Wellen, wie es auch bereits von Traube und Hering angenommen wurde, unbestreitbar erscheint. Aus den Cyon'schen Untersuchungen aber lässt sich Nichts entnehmen, was dessen Behauptung stützen könnte, dass auch in der Peripherie gelegene Centren an der Hervorbringung der rhythmischen Blutdruckschwankungen betheiligt seien. So lange für die Existenz peripherer nervöser Centren für die Gefässinnervation keine weiteren Beweise erbracht sind und speciell deren Betheiligung bei dem Zustandekommen der wellenförmigen Blutdruckschwankungen nicht besser erwiesen ist,

als bisher, muss ich an der Behauptung festhalten, dass die in Frage stehenden Blutdruckschwankungen unbedingt auf die Intervention des cerebralen Centrums für die Gefässinnervation angewiesen sind. Ich werde zwar später Thatsachen vorzuführen haben, welche bei oberflächlicher Betrachtung zur Annahme führen könnten, dass auch nach functioneller Ausschaltung des Gehirnes noch rhythmische vom Gefässsystem abhängige Schwankungen des Blutdruckes vorkommen können. Da die Erscheinungen, die ich hier im Auge habe, mit den uns beschäftigenden Blutdruckschwankungen zwar äusserlich einige Ähnlichkeit haben, ihren Ursachen nach sich aber weit von denselben entfernen, so kann erst weiter unten näher auf dieselben eingegangen werden.

Aus einer Reihe von Beobachtungen hat Hering den Schluss gezogen, dass die wellenförmigen Schwankungen entstehen durch eine periodische, der Innervation der quergestreiften Athmungsmuskeln associirte Innervation der durch das Curare nicht gelähmten Gefässnerven.

Wenn wir die oben erwähnte Thatsache in Erwägung ziehen, dass beim athmenden Kaninchen die durch die Innervation der Athemmuskeln bewirkten Druckschwankungen den grösseren wellenförmigen Schwankungen ganz deutlich aufgesetzt erscheinen, so könnte man leicht zu dem Gedanken verleitet werden, dass hier von einem Zusammenhange des Innervationsrhythmus für die Athembewegung mit dem Innervationsrhythmus für die Contraction der Blutgefässe keine Rede sein könne.

In der That würde die Annahme, dass vom Athemcentrum nicht allein Innervationen für die Athmungsmuskeln sondern auch solche für die Gefässmuskeln ausgehen, wenig Ansprechendes haben, wenn man die Vorstellung hegte, dass die Innervationen für die Gefässnerven ebenso direkt vom Athemcentrum nach der Peripherie strömen, wie dies bei den Nerven für die Athmungsmuskeln der Fall ist. In dieser Weise fassen wir jedoch den Zusammenhang zwischen Athmungs- und Gefässinnervation nicht auf; wir glauben vielmehr, dass vom Athemcentrum rhythmische Impulse nach dem Centrum für die Gefässinnervation abströmen, welche durch ihre Ansammlung rhythmisch eine Verstärkung des Tonus dieses Centrums hervorbringen.

Wir denken uns also zwischen das Athemcentrum und den peripherischen gefässbewegenden Apparat ein Centrum eingeschaltet, welches in tonischer Erregung sich befindet; diese tonische Erregung kann in ihrer Intensität vom Athemcentrum her in der Weise beeinflusst werden, dass bei normaler Action des letzteren sich erst mehrere von dort kommende Innervationen summiren müssen, um gleichsam eine Entladung des Centrums für die Gefässinnervation hervorzurufen.[1].

Indem wir also für die wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes beim athmenden Kaninchen sowohl als beim curarisirten, im Anschlusse an Hering die Behauptung aufstellen, dass dieselben bedingt werden durch eine vom Athemcentrum ausgehende centrale Innervation der Gefässe, haben wir als Stütze für diese Behauptung noch nachfolgende Beobachtungen ins Feld zu führen.

1. Alle diejenigen Momente, welche nach den Ermittelungen von Hering beim Hunde das Auftreten der Schwankungen begünstigen, erweisen sich auch beim Kaninchen der Ausbildung derselben vortheilhaft. Bei Thieren, die durch längere Dauer des Versuches bereits etwas erschöpft sind, treten sie leichter auf, als bei solchen, deren Athemcentrum auf die Änderungen des Gasgehaltes im Blute noch zu stürmisch reagirt sind.

Durch sehr frequente aber sehr oberflächliche Einblasungen kann man die Wellen für längere Zeit an der Blutdruckcurve hervorrufen; es ist nicht nothwendig, dass der Druck hiebei auch absolut bedeutend in die Höhe geht.

2. Aus sehr vielen Beobachtungen geht hervor, dass die Wellen dann mit Vorliebe auftreten, wenn das Athemcentrum aus irgend welchem Grunde seine Innervationswellen verlang-

---

[1] Auf die von Schiff in der jüngsten Zeit angeregte Frage, in wie weit bei den oben von uns als Athemschwankungen des Blutdruckes bezeichneten Erscheinungen Blutgefässinnervationen im Spiele sein mögen, können wir hier nicht weiter eingehen. Cyon schreibt Hering die Ansicht zu, dass die gewöhnlichen respiratorischen Schwankungen des Blutdruckes von reflectorischen Erregungen von dem Lungengewebe aus abhängen. Es ist mir nicht klar geworden, durch welche Stelle in den bezüglichen Arbeiten von Hering Cyon veranlasst wurde, eine derartige Äusserung als von Hering herrührend anzuführen.

samt aussendet. Unter den Momenten, die hiezu Anlass geben, führen wir an: beiderseitige Durchschneidung der *Nervi vagi*, Schädigung der Functionen der vorderen Hirnparthien durch Narkotica, Beeinträchtigung der Erregbarkeit des Gehirns durch öfters eingeleitete vollständige Unterbrechung der Athmung oder Compression sämmtlicher Hirnarterien.

3. Die von mir [1] sehr zahlreich angestellten Versuche über die Wirkungen der Verschliessung und Freigebung der arteriellen Hirnblutgefässe haben manchen Anhaltspunkt geliefert für die Beurtheilung der uns beschäftigenden wellenförmigen Schwankungen. So stellte es sich heraus, dass bei sehr erregbaren Thieren kurze Zeit nach der Compression der Blutdruck enorm anstieg, Krämpfe ausbrachen und wellenförmige Blutdruckschwankungen nicht zu constatiren waren. Wenn durch öfters vorgenommene Compressionen von kürzerer Dauer die Hirnerregbarkeit herabgesetzt worden, dann fehlten die stürmischen Erscheinungen; die Folgen der Compression stellten sich langsamer ein; wenn vorher die Wellen fehlten, so traten sie dann gewöhnlich auf, wenn sie früher schon vorhanden, dann wurden sie etwas rascher und wohl auch höher.

Ganz besonders beweiskräftig für die Ansicht, dass die wellenförmigen Schwankungen beruhen auf einer den Athembewegungen associirten rhythmischen Innervation der Gefässe dürften die Erscheinungen sein, welche ich bei der Erholung des Gehirns beobachtet habe. Die Erregungen, welche das Athemcentrum nach der schweren Schädigung durch die vorausgegangene Ausschaltung aus der normalen Blutcirculation aussendet, folgen sich zuerst nur in langen Pausen. So lange das Thier keine selbständigen Athembewegungen in Folge der Lähmung des Gehirns ausführt, hat der Blutdruck einen sehr niedrigen Stand, und an der Curve erscheinen ausser den Herzschwankungen noch die durch die künstlichen Lufteinblasungen bedingten Athemschwankungen des Blutdruckes. Mit dem ersten Athemzuge aber, den das Thier ausführt, entsteht auch sofort

[1] Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe. IV. Abhandlung: Über die Veränderungen des arteriellen Blutdruckes nach Verschluss sämmtlicher Hirnarterien. Wiener Sitzungsberichte, Bd. 73, 1876.

eine Welle des Blutdruckes. An dieser Welle lässt sich der mechanische Effect der kurz dauernden Contraction der Athmungsmuskeln auf den Blutdruck unschwer von der langsam sich entwickelnden Gefässcontraction, welche die Welle bedingt, sondern. Um jeden Zweifel über die Entstehung der Wellen unter den eben angeführten Bedingungen zu zerstreuen, habe ich, nachdem einige Athemzüge abgelaufen waren, dem Versuchsthiere Curare bis zur vollständigen Lähmung der quergestreiften Muskeln injicirt. Die selbständigen Athembewegungen und die davon abhängigen Schwankungen des Blutdruckes verschwanden nun aus der Curve, die Wellen aber blieben in gleicher Weise wie vorher bestehen.

Mit dem Fortschreiten ber Hirnerholung vermehrte sich sowohl die Anzahl der Athembewegungen als auch der wellenförmigen Blutdruckschwankungen in gleicher Weise. Der Vergleich der Blutdruckwellen des sehr langsam athmenden Thieres mit den Wellen des schon von vornherein der Curarevergiftung unterworfenen im gleichen Stadium der Erholung von dem durch Hirnarteriencompression hervorgerufenen functionellen Tode des Gehirnes bietet somit wichtige Stützen für den Schluss, dass die Anregung zu den Athembewegungen und zu den die Wellen des Blutdrucks hervorrufenden Bewegungen der Gefässe gleichzeitig von dem cerebralen Centrum ausgesendet werden.

4. Für die Betheiligung des Athemcentrums an der Hervorbringung der wellenförmigen Blutdruckschwankungen sprechen endlich auch die Erfahrungen, die mir vorliegen über den Einfluss der Durchschneidung und centralen Reizung der *Nervi vagi*. Bekanntlich ändern sich Typus und Rhythmus der Athembewegungen nach den genanten Eingriffen. Dasselbe gilt nun auch von den Blutdruckwellen; nach Durchschneidung der *Nervi vagi* habe ich in einem Versuche die Schwankungen von 16 auf 10 in der Minute sinken sehen.

Auf elektrische Reizung der centralen Stümpfe der *Nervi vagi* mit Inductionsströmen werden die Wellen unzweifelhaft verändert. Es zeigt sich aber hier dieselbe Mannigfaltigkeit der Erfolge, welche, nach dem Zeugnisse einer grossen Anzahl von Forschern, die elektrische Reizung der *Nervi vagi* auch in Bezug auf die Athembewegungen hervorbringt. Ebenso wie bei

letzterer Beschleunigung oder Verlangsamung, Stillstand in der Phase der Inspiration oder Exspiration beobachtet werden können, so zeigt sich in Bezug auf die wellenförmigen Schwankungen in Folge der centralen Vagusreizung Unterdrückung derselben bei Ab- oder Zunahme des mittleren Arteriendruckes, Beschleunigung oder Verlangsamung, Höher- oder Flacherwerden der Wellen.

Auf die Einzelnheiten der in den genannten Versuchen ermittelten Thatsachen wollen wir an dieser Stelle nicht weiter eingehen. Es genügt, gezeigt zu haben, dass die durch Reizung der *Nervi vagi* eingeleiteten spezifischen Reflexe auf das Athemcentrum sich auch an dem Verhalten der wellenförmigen Blutdruckschwankungen erkennen lassen.

Aus den vorstehenden Erörterungen wird sich zur Genüge ergeben, wie wenig wir die Meinung von Latschenberger und Deahna theilen können, nach welcher sämmtliche zur Beobachtung kommende wellenförmige spontane Blutdruckschwankungen auf reflektorische Erregungen des vasomotorischen Centrums zurückzuführen seien; die Möglichkeit, dass stetig wirkende wie immer eingeleitete sensible Reize hie und da zu einer periodisch auftretenden Innervation der Gefässnerven Anlass geben können soll jedoch keineswegs in Abrede gestellt werden. Wir müssen aber ausdrücklich hervorheben, dass wir durch die bis jetzt vorliegenden Thatsachen zu dem Schlusse geführt werden, dass die Erregungsnormen des vasomotorischen und des respiratorischen Nervencentrums im Wesentlichen dieselben sind, d. h. dass automatische und reflektorische Erregung in denselben stattfindet.

Für beide Centren sind wir trotz ihres in vielen Punkten differenten Verhaltens geneigt, im Anschlusse an die Rosenthal'sche Lehre von den Ursachen der Athembewegungen, der Automatie eine wichtige Rolle zuzuschreiben, wie ich diess anderenorts eingehender, auf Versuche gestützt, zu begründen versucht habe [1].

---

[1] IV. Abhandlung dieser Studien l. c.

III.

In Bezug auf die Ursachen der arhythmischen Blutdruckschwankungen können wir uns kürzer fassen. Dieselben können ebensowohl durch Änderungen in der Herzthätigkeit als durch solche im Contractionszustande der Blutgefässe bedingt sein.

Mögen nun die Schwankungen im Blutdrucke vom Herzen oder vom Gefässsystem hervorgebracht sein, so viel ergiebt sich aus allen einschlägigen Beobachtungen, dass auch hier das centrale Nervensystem eine wichtige Rolle spielt. Wenn der Einfluss des letzteren ausgeschaltet ist, dann zeigen Herzschlag und Blutdruck eine sehr grosse Stetigkeit.

Wenn es sich somit herausstellt, dass auf das Zustandekommen der arhythmischen Druckschwankungen das centrale Nervensystem einen wichtigen Einfluss übt, so können, wie es scheint, alle bekannten Erregungsformen desselben hiebei betheiligt sein. Die Herz- und Gefässnerven können sowohl durch psychische Alterationen, als auch durch irgend welche andere Änderungen im Stoffwechsel und auf dem Wege des Reflexes von ihren cerebralen Centren in einen Zustand vermehrter oder verminderter Thätigkeit versetzt werden, und so Anlass zu vorübergehenden Blutdruckschwankungen geben.

Schwierig und in sehr vielen Fällen kaum vorzunehmen ist jedoch die Entscheidung, welcher der genannten Factoren eine gerade zur Beobachtung gelangte Druckschwankung hervorgerufen hat. Jedenfalls ist es, wie sich aus der Gesammtheit unserer jetzigen Erfahrungen über die Innervation des Herzens und der Blutgefässe ergibt, eine einseitige Auffassung, wenn Latschenberger und Deahna alle spontanen Blutdruckschwankungen auf reflectorische Innervationen zurückführen wollen.

Bei der Beurtheilung der Entstehung arhythmischer Schwankungen darf man aber auch nicht übersehen, dass dieselben hie und da bedingt sein mögen durch Contractionen ausgedehnter Bezirke von glatten Muskelfasern (am curarisirten Thiere), durch Reizungszustände, die von den Schnittflächen peripherer oder centraler Nervensubstanz ausgehen u. s. w.

IV.

Wir wollen endlich noch näher auf eine ganz besondere Art von rhythmischen Blutdruckschwankungen eingehen, deren ich bereits oben flüchtig erwähnt, und von denen ich dort hervorgehoben habe, dass dieselben zu einer Verwechslung mit den Traube-Hering'schen Wellen Anlass geben können.

Die nun zu besprechenden rhythmischen Blutdruckschwankungen hat mein hochverehrter Freund Herr Professor Hering bereits vor mehreren Jahren sowohl in ihrer Erscheinungsweise als in ihren Ursachen im hiesigen physiologischen Institute bei Hunden, Katzen und Kaninchen demonstrirt. Es sind also im Wesentlichen die Ermittelungen Hering's, die ich in den nachfolgenden Zeilen vorführen werde, welche ich in vielfachen im Verlaufe mehrerer Jahre angestellten Versuchen zu bestätigen Gelegenheit hatte.

Die in Frage stehenden periodischen Druckschwankungen sind bedingt durch Interferenz der durch jeden Herzschlag hervorgerufenen Druckwelle mit den durch den mechanischen Einfluss der künstlichen Lufteinblasungen bedingten Wellen des Blutdruckes. Die Schwankungen können nur dann hervortreten, wenn die Zahl der Herzschläge nahezu mit der in derselben Zeiteinheit vorgenommenen Zahl von Lufteinblasungen zusammenfällt.

Bekanntlich fallen bei Thieren, welche möglichst normal sich verhalten, immer viele Herzcontraktionen auf eine Athembewegung. Der durch letztere bedingten Welle im Blutdrucke (Respirationsschwankung) finden sich dann die durch die Herzcontractionen bedingten Schwankungen (Herzschwankungen) aufgesetzt. Dasselbe Verhalten kehrt wieder bei Thieren mit normaler Pulsfrequenz, die aus irgend einer Ursache keine selbstständigen dem respiratorischen Gaswechsel des Blutes zu Gute kommenden Athembewegungen ausführen können, und bei denen künstliche Lufteinblasungen im Rhythmus und vom Umfange der selbstständigen Respirationen vorgenommen werden.

Anders aber verhält sich die Sache, wenn die Herzcontraktionen derart verlangsamt sind, dass Interferenzen zwischen den

Herzschwankungen und den Respirationsschwankungen auftreten können. Dann entstehen nicht mehr Respirationsschwankungen im Rhythmus der Einblasungen, denen die Herzschwankungen mit ihrem selbständigen Rhythmus aufgesetzt erscheinen, sondern Schwankungen besonderer Art.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass zwei Bedingungen erfüllt sein müssen, um die genannten Schwankungen, die wir kurz „Schwankungen durch Interferenz“ [1] nennen wollen, in die Erscheinung treten zu lassen, und zwar:

1. Bedeutende Verlangsamung der Herzcontractionen und
2. Eine im Verhältniss zur bestehenden Pulszahl sehr hohe Frequenz der Einblasungen, so dass Puls- und Respirationszahl nahezu zusammenfallen, und keineswegs mehr wie in der Norm mehrere Herzschläge während einer Respirationschwankung ablaufen. Da man bei Einleitung der künstlichen Respiration gewöhnlich beflissen ist, den natürlichen Rhythmus der Athembewegungen einzuhalten, so wird dieses Verhältniss sich leicht herstellen, wenn aus irgend einer Ursache, bei gleich bleibender Frequenz der Einblasungen, eine starke Verlangsamung der Herzschläge eingetreten ist.

Nach vielen vorliegenden Erfahrungen tritt eine solche sehr verlangsamte (aber dabei doch sehr regelmässige) Schlagfolge des Herzens ein in allen Fällen, in denen der arterielle Blutdruck sehr gesunken ist, sei es dass der niedrige Druck in einer bedeutenden Abnahme des Inhaltes des Gefässsystems oder in dem vollständigen Schwinden des Gefässtonus begründet ist.

Demgemäss wird man, sofern nur die Lufteinblasungen den oben geforderten Charakter besitzen, auf das Hervortreten der Schwankungen durch Interferenz rechnen können nach sehr starken Blutverlusten, nach Durchschneidung des Halsrückenmarkes und der wichtigsten peripheren vasomotorischen Nervenstämme, nach Ausschaltung des cerebralen Centrums für die Gefässinnervation, auf was immer für einem Wege dieselbe auch hervorgerufen sein mag, u. s. w.

Aus den vorstehenden Bemerkungen über die „Schwankungen durch Interferenz“ ergeben sich nun sofort diejenigen

[1] D. i. der Herz- und Athemschwankungen.

Momente, die man bei der Differentialdiagnose zwischen den genannten Schwankungen und den Traube-Hering'schen Wellen zu berücksichtigen hat.

1. Die Traube-Hering'schen wellenförmigen Blutdruckschwankungen erscheinen bei hohem Blutdrucke, hoher Pulsfrequenz und einer im Verhältniss zur Zahl der Herzcontractionen geringen Anzahl von Lufteinblasungen. Die „Schwankungen durch Interferenz" treten hervor bei niedrigem Blutdrucke, verlangsamter Herzthätigkeit und relativ raschem Rhythmus der künstlichen Respiration.

2. Die Traube-Hering'schen Wellen, wenn sie einmal bei fortdauernder künstlicher Athmung zum Vorschein gekommen sind, verändern ihr Aussehen auf eine eingetretene Änderung in den Lufteinblasungen nur insofern, als die im Verlaufe einer solchen Welle vorkommenden Respirationsschwankungen sich ändern; vollständige Sistirung der Einblasungen ändert entweder an dem Fortbestehen der Wellen für kurze Zeit gar nichts oder macht dieselben, entsprechend einer sich ausbildenden stärkeren dyspnoischen Erregung des Athmungscentrums rascher und tiefer.

An den „Schwankungen durch Interferenz" markirt sich jede Änderung in den Einblasungen durch eine Änderung ihres Charakters in Bezug auf Länge und Höhe der Wellen. Es liegt ganz in der Hand des Experimentators, durch Änderungen im Rhythmus der Einblasungen die Länge dieser Wellen willkürlich zu verändern. Vollständige Sistirung der künstlichen Respiration hat ein sofortiges Verschwinden der „Schwankungen durch Interferenz" aus der Curve des Blutdruckes zur Folge.

3. Die Traube-Hering'schen Wellen kommen nicht mehr zur Beobachtung, wenn der gefässbewegende Apparat ausser Thätigkeit gesetzt worden; unter denselben Bedingungen pflegen die „Schwankungen durch Interferenz" mit Vorliebe aufzutreten.

4. An den Traube-Hering'schen Schwankungen zeigen die Herzschläge weder im auf- noch im absteigenden Theile der Welle besondere Merkmale, welche auf die Intervention einer der Zahl oder Stärke nach wechselnden Herzthätigkeit bei der Hervorbringung der Wellen zu schliessen erlaubten. An den

„Schwankungen durch Interferenz" bemerkt mdan, ass die den Herzschwankungen entsprechenden Zacken in den verschiedenen Theilen der wellenförmigen Schwankung von verschiedener Höhe sind. Dieses Verhalten der Herzschläge ergiebt sich mit Nothwendigkeit aus den Ausführungen über die Entstehungsweise der „Schwankungen durch Interferenz".

5. Die „Schwankungen durch Interferenz" erscheinen selbst unter den ihrer Entstehung möglichst günstigen Bedingungen immer viel flacher, als die Traube-Hering'schen Wellen.

Die „Schwankungen durch Interferenz" entstehen, wie bemerkt, mit Vorliebe nach Eliminirung des Einflusses des Nervensystems auf die Blutgefässe und das Herz; das Auftreten derselben könnte leicht dazu verleiten dieselben aufzufassen als den Ausdruck einer rhythmischen, vom centralen Nervensystem unabhängigen Thätigkeit des Herzens und der Blutgefässe. Die vorstehenden Erörterungen werden das Unzulängliche eines derartigen Schlusses hinlänglich dargelegt haben [1].

---

[1] Hie und da bemerkt man an erstickenden Thieren in einem Stadium, in welchem die Functionen der grossen nervösen Centren bereits vollständig erloschen sind, eigenthümliche rhythmisch auftretende Intermissionen im Herzschlage. Hiedurch können ebenfalls periodische Schwankungen im Blutdrucke hervorgerufen werden. Die Natur dieser Schwankungen lässt sich nach den vorstehenden Erörterungen ohne Schwierigkeit feststellen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Sämmtliche Curven stammen vom selbständig athmenden Kaninchen; mit Ausnahme von Curve 2, 3 und 4, welche von einem Fick'schen Federmanometer aufgeschrieben wurden, sind dieselben mit dem Quecksilbermanometer gewonnen. Der absolute Druck wird an den mit letzterem gezeichneten Curven in bekannter Weise ermittelt. In den mit dem Federmanometer gewonnenen Curven entsprechen nach einer empirischen Graduirung ungefähr 18 Mm. Abstand von der Abscisse 40 Mm. Hg. Nulllinie ist diejenige gerade Linie, mit welcher der wirkliche oder der Raumersparniss verschobene Nullpunkt der Scala zusammenfällt. Die Zeitmarken sind auf Tafel I, ebenso wie auf allen übrigen, Doppeltsecunden. In Curve 1 bei *St* Stillstand der Trommel.

Tafel II.

Sämmtliche Curven sind von einem Quecksilbermanometer aufgezeichnet; Curve 10—15 stammen von selbständig athmenden, Curve 16 und 17 von curarisirten Kaninchen.

Auf Curve 16 wurde bis *a* in gewöhnlicher Weise künstliche Athmung vorgenommen; jede Einblasung markirt sich deutlich im Blutdrucke. Von *a* bis *b* wurden sehr rasche und oberflächliche Lufteinblasungen gemacht, die an der Blutdruckcurve nur undeutlich zu erkennen sind. Von *b* an wurde dann die künstliche Athmung vollständig aus gesetzt.

Curve 17 stammt von einem Kaninchen, dessen Gehirn nach einer länger dauernden Compression seiner sämmtlichen Arterien wieder zu fungiren beginnt. Bei *a* wurde etwas Curare in eine Vene eingespritzt, um die Curarelähmung vollständig zu machen. Von *b* bis *c* wurde die künstliche Respiration vollständig unterbrochen. Bei *St* Stillstand der Trommel.

Tafel III.

Sämmtliche Curven stammen von curarisirten Kaninchen; Curve 18, 20 und 21 sind mit einem Quecksilbermanometer, Curve 19 mit einem Federmanometer verzeichnet. In Curve 19 ist der absolute Druck, als für den vorliegenden Fall nicht von Bedeutung, nicht ermittelt worden.

Curve 18. Bei *Vn* wurde der centrale Stumpf des rechten *Nervus vagus* mit Inductionsströmen gereizt.

Curve 19. Von *a* bis *b* wurden die Lufteinblasungen unterbrochen.
Curve 20. Nach einem Blutverluste.
Curve 21. Bei *A d V* wurde die künstliche Respiration ausgesetzt.

Tafel IV.

Sämmtliche Curven vou curarisirten Kaninchen. Quecksilbermanometer.

Auf Curve 23, 24 und 25 bei *a* Aussetzen der künstlichen Respiration. Traube'schen Wellen.

Curve 26, 27 und 28 Schwankungen durch Interferenz der Herz- und Athemschwankungen. In Curve 26 und 27 bei *a* Unterbrechung der Lufteinblasungen mit dem Blasebalg. In Curve 27 fehlen die Zeitmarken. Curve 28 Schwankungen durch Interferenz. *a* und *b* Blutdruckcurven, bei *E* sind die Blasebalgeinblasungen mit dem Cardiographen verzeichnet. Die Curve *a* und *E* sind zusammengehörig. Die zu Curve *a* gehörige Abscisse bei *N*; die Zeitmarken *Z* gehören zu den Curven *a* und *b*.

Curve 22 und Curve 29 Traube'sche Wellen.

Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.



Curve 1.

Curve 2.

Curve 3.

Curve 4.

Curve 5.


Curve 6.

Curve 7.


Curve 8.

Curve 9.



Curve 10.
Curve 11.
Curve 12.
Curve. 13.
Curve 14.
Curve 15.
Curve 16.
a
b
Curve 17.
St
a
b
c





Curve 18.
60
50
40
30
v
n
V
n
Curve 19.
a
b
Curve 20.
50
40
30
20
100
90
80
70
60
50
Curve 21.
A
d
V




Curve 22.
Curve 23.
Curve 24.
Curve 25.
Curve 26.
Curve 27.
Curve 28.
Curve 29.
a
E
N
b









